

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 30 189.1

Anmeldetag: 30. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

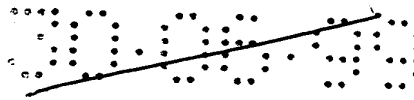
Bezeichnung: Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen elektronischen Schaltungssystemen und Substraten sowie Verfahren zu deren Herstellung

IPC: H 01 L 23/50

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. April 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehner



1

Beschreibung

Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen elektronischen
Schaltungssystemen und Substraten sowie Verfahren zu deren
5 Herstellung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrisch-mechani-
sche Verbindung zwischen elektronischen Schaltungssystemen
und Substraten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 so-
wie ein Verfahren zu deren Herstellung nach Patentanspruch
10 31.

Unter elektronischen Schaltungssystemen werden im Rahmen vor-
liegender Erfindung Festkörperschaltungssysteme, insbesondere
15 integrierte Halbleiterschaltkreise, verstanden. Speziell be-
zeichnet der Begriff System etwa bei einem integrierten Halb-
leiterschaltkreis den die elektronischen Schaltungsfunktions-
elemente wie Transistoren, Dioden, Kapazitäten usw. enthal-
tenden Halbleitermaterialkörper sowie die darauf befindlichen
20 die Schaltungsfunktionselemente verbindenden metallischen
Leiterbahnen und Anschlußelemente.

Die Anschlußelemente können flächige Metallbelegungen, sog.
25 Pads, oder auch kugelige metallische Elemente, sog. Bumps,
sein.

Unter Substraten werden im Rahmen vorliegender Erfindung
Schaltungsplatten wie gedruckte Schaltungen oder Schaltungs-
30 platinen verstanden. Auch derartige Substrate besitzen An-
schlußelemente der vorgenannten Art, im allgemeinen in Form
von Pads.

Es ist bekannt, elektrisch-mechanische Verbindungen der in
Rede stehenden Art mittels eines elektrisch leitende Körner
35 enthaltenden Klebers zu realisieren. Eine derartige elek-
trisch-mechanische Verbindung wird nachfolgend anhand von
Fig. 1 erläutert.

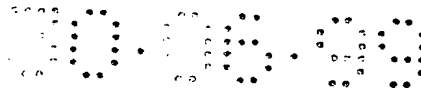
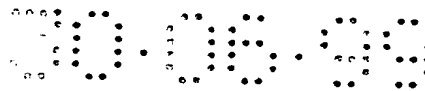


Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein elektronisches Schaltungssystem 10, beispielsweise einen integrierten Halbleiterschaltkreis, das mit einem Substrat 20, beispielsweise einer Schaltungsplatine, elektrisch und mechanisch verbunden ist. Auf dem Schaltungssystem 10 sind Anschlußelemente in Form von Pads und auf dem Substrat 20 Anschlußelemente 21 ebenfalls in Form von Pads vorgesehen.

Das Schaltungssystem 10 und das Substrat 20 werden in sogenannter Flip-Chip-Technik derart miteinander verbunden, daß die Pads 11 und 21 unter Einfügung eines elektrisch leitenden Körners 22 und 23 enthaltenden strichpunktiert dargestellten Klebers 24 einander zugekehrt zu liegen kommen. Der Kleber 24 kann beispielsweise ein Polymer sein, während die leitenden Körner aus Silber bestehen können.

Bei einer Verbindung der vorgenannten Art kommen hier mit 22 bezeichnete elektrisch leitende Körner in die lateralen Zwischenräume zwischen den Pads 11 und 21 sowie mit 23 bezeichnete leitende Körner in die vertikalen Zwischenräume zwischen einander zugekehrten Pads 11 und 21 zu liegen.

Durch Zusammenpressen von Schaltungssystem 10 und Substrat 20 wird gewährleistet, daß die elektrisch leitenden Körner 23 zwischen einander zugekehrten Pads 11 und 21 mit diesen in elektrisch leitenden Kontakt gelangen und damit eine elektrische Verbindung zwischen Schaltungssystem 10 und Substrat 20 entsteht. Dagegen stehen die elektrisch leitenden Körner 22 in den lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11 und 21 mit diesen nicht in elektrisch leitender Verbindung, so daß in dieser Hinsicht keinerlei Kurzschlußverbindung zwischen Pads entsteht. Eine elektrische Verbindung der beschriebenen Art ist insofern anisotrop leitend, als durch elektrisch leitende Körner 22 zwischen einander zugekehrten Pads 11 und 21 in vertikaler Richtung nicht aber durch elektrisch leitende Körner 22 in lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11 und 21 in



7

3

lateralen Richtung eine elektrisch leitende Verbindung entsteht.

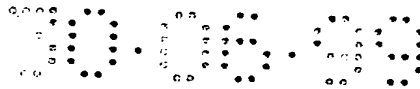
5 Um anzudeuten, daß die elektrisch leitenden Körner 23 zwischen einander zugekehrten Pads 11 und 21 beim Zusammenpressen verformt werden können, sind sie schematisch oval dargestellt, während die Körner 22 in den lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11 und 21 unverformt bleiben und daher schematisch kreisförmig dargestellt sind.

10

Bei der vorstehend beschriebenen Art einer elektrisch-mechanischen Verbindung müssen für eine zuverlässige Funktionsweise folgende Bedingungen erfüllt sein.

15 Erstens muß der Kleber 24 beim Abbinden und im Betrieb von Schaltungssystem 10 und Substrat 20 ausreichend hohe Schrumpfkraft entwickeln, um ein dauerhaftes Zusammenpressen und damit eine zuverlässige mechanische Verbindung von Schaltungssystem 10 und Substrat 11 zu gewährleisten. Kleber haben
20 jedoch im allgemeinen keine guten Eigenschaften hinsichtlich Haftung und Feuchtebeständigkeit, so daß eine solche Verbindung nicht hinreichend zuverlässig ist. Insbesondere kann es bei thermischer Wechselbelastung zu hohen Scherkräften in der Klebefuge kommen, wodurch der Kleber aufbrechen und dadurch die elektrische Verbindung durch die elektrisch leitenden Körner 23 unterbrochen werden kann. Darüber hinaus kann in die Fuge eindringende Feuchtigkeit bei Erwärmung ganze Bereiche des Schaltungssystems 10 vom Substrat 20 absprengen. Diesen Nachteilen steht der Vorteil gegenüber, daß Kleber nicht
30 strukturiert zu werden brauchen.

Zweitens muß der Füllgrad der elektrisch leitenden Körner 22, 23 im Kleber 24 einerseits so groß sein, daß gewährleistet ist, daß zur Sicherstellung einer elektrisch leitenden Verbindung
35 zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 mindestens ein elektrisch leitendes Korn 23 vorhanden ist. Andererseits darf der Füllgrad nicht so hoch sein, daß die Gefahr von



y

4

elektrischen Kurzschlüssen durch elektrisch leitende Körner 22 in lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 besteht.

Das letztgenannte Problem wird mit zunehmendem Integrations-
5 grad und damit kleiner werdenden elektrisch leitenden Struk-
turen und deren Abständen auf integrierten Halbleiterschalt-
kreisen und daran angepaßten Strukturen auf mit den Schalt-
kreisen verbundenen Substraten, wie etwa Schaltungsplatinen,
immer schwerwiegender.

10

Um diesem Problem zu begegnen, ist es aus "Flip Chip Techno-
logies" von John H. Lau, McGraw-Hill 1996, Seiten 289-299 be-
kannt geworden, in einen Kleber eingebettete Mikrokapseln zu
verwenden, die aus elektrisch leitenden Körnern und einem sie
15 umgebenden Dielektrikum, beispielsweise in Form eines isolie-
renden Kunststoffes, bestehen. Eine derartige Mikrokapsel aus
einem elektrisch leitenden Korn 22-1 (bzw. 23-1) und einem
sie umgebenden Dielektrikum 22-2 (bzw. 23-2) ist vergrößert
in Fig. 2 dargestellt.

20

Auch bei einer elektrisch-mechanischen Verbindung unter Ver-
wendung von mit einem Dielektrikum umhüllten leitenden Kör-
nern in einem Kleber werden das Schaltungssystem 10 und das
Substrat 20 nach Fig. 1 zusammengepreßt. Durch den dabei und
das Abbinden des Klebers 24 entstehenden Druck werden die Mi-
krokapseln 23-1, 23-2 zwischen einander zugekehrten Pads 11,
21 gequetscht, wodurch das Dielektrikum 23-2 aufgebrochen
wird und damit über die elektrisch leitenden Körner 23-1 eine
elektrisch leitende Verbindung entsteht. Dieser Sachverhalt
30 ist in Fig. 3 schematisch in Form einer verformten Mikrokap-
sel 23-1, 23-2 zwischen zwei Pads 11, 21 dargestellt.

Bei einer derartigen elektrisch-mechanischen Verbindung über
Mikrokapseln der vorstehend beschriebenen Art ist zwar das
35 Problem von lateralen elektrischen Kurzschlüssen über in den
lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 befindlichen
Mikrokapseln 22-1, 22-2 praktisch ausgeschaltet. Nach wie vor

verbleiben aber die oben in Verbindung mit dem Kleber beschriebenen Probleme.

5 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrisch-mechanische Verbindung der in Rede stehenden Art anzugeben, die auch bei feinen elektrisch leitenden Strukturen auf elektronischen Schaltungssystemen und Substraten sowohl mechanisch und elektrisch stabil als auch elektrisch kurzschlußsicher ist.

10

Diese Aufgabe wird bei einer elektrisch-mechanischen Verbindung der gattungsgemäßen Art erfindungsgemäß durch die Maßnahmen nach dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst.

15

Ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen elektrisch-mechanischen Verbindung ist durch die Maßnahmen des Patentanspruchs 31 gekennzeichnet.

20

Weiterbildungen der erfindungsgemäßen elektrisch-mechanischen Verbindung sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand entsprechender Unteransprüche.

25

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

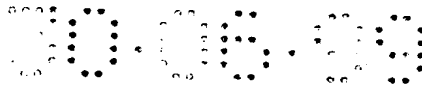
30

Figuren 1 bis 3 die oben bereits erläuterten bekannten Ausführungsformen und

Fig. 4 eine der Fig. 1 entsprechende schematische Darstellung einer elektrisch-mechanischen Verbindung zur Erläuterung erfindungsgemäßer Ausführungsformen.

35

Der Kern der Erfindung ist darin zu sehen, daß zusätzlich zu einer Preßverbindung zur Realisierung der elektrischen Verbindung eines elektronischen Schaltungssystems mit einem Sub-



6

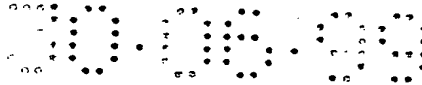
strat eine metallische Lötverbindung mindestens an den Stellen der elektrischen Verbindungen hergestellt wird.

In Fig. 4, anhand derer Ausführungsformen der Erfindung erläutert werden, sind gleiche Elemente wie in den Figuren 1 bis 3 mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wie bereits anhand von Fig. 1 ausgeführt, handelt es sich bei der Anordnung nach Fig. 4 ebenfalls um eine elektrisch-mechanische Verbindung eines elektronischen Schaltungssystems 10, beispielsweise eines integrierten Halbleiterschaltkreissystems, mit einem Substrat 20, beispielsweise einer elektrischen Schaltungsplatine. Elektronisches Schaltungssystem 10 und Substrat 20 besitzen wiederum die Anschlüsselemente in Form von Pads 11 und 21.

Die rein mechanische Verbindung erfolgt über den strichpunktiiert dargestellten Kleber 24, beispielsweise ein Polymer, in dem jedoch nicht wie bei der bekannten Ausführungsform nach Fig. 1 rein metallische elektrisch-leitende Partikel 22, 23 sondern für einen Lötvorgang geeignete Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 eingebettet sind. Ausführungsformen dieser Mikrokapseln werden nachfolgend näher erläutert.

Es ist darauf hinzuweisen, daß die Erfindung nicht auf Ausführungsformen mit einem Kleber 24 zur Realisierung der rein mechanischen Verbindung von elektronischem Schaltungssystem 10 und Substrat 20 beschränkt ist. Es sind auch Ausführungsformen möglich, bei denen eine Verbindung über einen Lötvorgang ohne Kleber hergestellt wird, der nachfolgend noch genauer erläutert wird. Dies kann über Pads 11, 21 erfolgen, welche für die bestimmungsgemäße elektronische Funktionsweise von elektrischem Schaltungssystem 10 und Substrat unwirksam sind. Der Begriff "Unwirksamkeit" bedeutet in diesem Zusammenhang, daß solche Pads elektrisch nicht an elektronische Funktionselemente im elektronischen Schaltungssystem 10 oder auf oder im Substrat 20 angeschlossen sind.



M

7

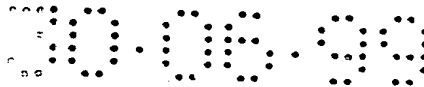
Nachfolgend wird nun eine erste Ausführungsform einer Lötverbindung im erfindungsgemäßen Sinne erläutert.

Bei dieser Ausführungsform bestehen die Mikrokapseln aus mit
5 einem Dielektrikum 22-2, 23-2 überzogenen elektrisch leitenden Körnern 22-1, 23-1, die ihrerseits aus einem Metall der Gruppe Kupfer, Nickel, Silber, Gold, einer lötbaren Metalle-
gierung oder einem mit einem elektrisch leitenden Metall, beispielsweise Silber überzogenen Isolator, beispielsweise
10 Zinnoxid, bestehen können. Wie Mikrokapseln der letztgenannten Art herstellbar sind, ist beispielsweise aus "JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE" 28 (1993), Seiten 5207-5210 bekannt.

Als Dielektrikum 22-2, 23-2 kann ein Isolierlack Verwendung
15 finden, der auch die Funktion eines Lotflußmittels übernehmen kann.

Für den Lötvorgang sind zur Realisierung der elektrisch leitenden Verbindung vom elektronischen Schaltungssystem 10 und
20 Substrat 20 auf den Pads 11, 21 Lotschichten 25, 27 vorgesehen, für die ein Metall aus der Gruppe Zinn, Indium, Gallium oder eine niedrigschmelzende Metallegierung Verwendung finden kann. Die Lotschichten 25, 27 werden vorzugsweise durch selektive stromlose Abscheidung auf den Padflächen hergestellt,
25 wodurch ausreichend plane Oberflächen herstellbar sind.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden in den Kleber 24 oder einen in Fig. 4 nicht eigens dargestellten Polymerfilm eingebettete Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 zwischen das
30 elektronische Schaltungssystem 10 und das Substrat 20 eingebracht und diese so stark zusammengepreßt, daß das Dielektrikum 23-2 von zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 befindlichen Mikrokapseln 23-1, 23-2 aufgebrochen wird. Die Anordnung wird nach dem Zusammenpressen auf eine Temperatur
35 oberhalb der Schmelztemperatur des Lotmaterials der Lotschichten 25, 27 erwärmt. Dabei kommt das geschmolzene Lot mit dem Material der elektrisch leitenden Körner 23-1 der Mi-



krokapseln 23-1, 23-2 in Kontakt und es entsteht eine elektrisch gut leitende metallische Verbindung.

5 Mikro kapseln 22-1, 22-2 in lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 bleiben durch den Preßvorgang unbeeinflusst und daher ihr Dielektrikum 22-2 intakt, wodurch laterale Kurzschlüsse verhindert werden. Die erfindungsgemäße elektrisch-mechanische Verbindung ist daher im oben erläuterten Sinne anisotrop leitend.

10

Es ist besonders vorteilhaft, wenn für die Verlötung ein Diffusionslötverfahren zur Anwendung kommt. Bei diesem Verfahren wird mit einem niedrigschmelzenden Lot eine hochtemperaturfeste metallische Verbindung dadurch hergestellt, daß das Lotmetall mit zu verbindenden hochschmelzenden Metallen eine hochtemperaturfeste und mechanisch sehr stabile intermetallische Phase bildet. Dabei wird das niedrigschmelzende Lotmetall vollständig umgewandelt, d.h., es geht vollständig in der intermetallischen Phase auf. Ein solches Lötverfahren ist
15
20 beispielsweise aus der US-PS 5 053 195 an sich bekannt.

Für dieses Verfahren besitzen die Lotschichten 25, 27 eine Dicke in der Größenordnung von 10 μm , vorzugsweise von kleiner als 10 μm . Sie bestehen beispielsweise aus Zinn. Die
25 elektrisch leitenden Körner 23-1 bzw. die metallischen Schichten von Körnern in Form von metallisierten Isolatoren und ggf. die Pads 11, 21 bestehen beispielsweise aus Kupfer oder Nickel. Beim Kontakt zwischen Körnermetall während des Diffusionslötverfahrens wird das Zinn vollständig zu intermetallischen Phasen umgewandelt, die in Fig. 4 mit 26, 28 bezeichnet sind. Wie bereits ausgeführt, hat die dabei entstehende Verbindung einen wesentlich höheren Schmelzpunkt als das Lotmetall und bessere mechanische Eigenschaften wie hohe Zugfestigkeit und Kriechfreiheit.
30

35

In Weiterbildung der Erfindung ist es bei einem derartigen Lötverfahren wesentlich, daß sich eine einlagige Mikro kapsel-

10.08.99

13

9

schicht zwischen den Pads 11, 21 befindet und die Pad-Oberflächen ausreichend plan sind. Dann werden alle zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 befindlichen Mikrokapseln 23-1, 23-2 gequetscht, so daß deren elektrisch leitende Körner 23-2 bzw. deren elektrisch leitende Teile mit dem Lotmetall in Kontakt kommen.

Die Einlagigkeit ist besonders gut realisierbar, wenn - wie bereits ausgeführt - die Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 vorher in einen Polymerfilm eingebettet werden. Wie derartige Filme mit darin eingebetteten Mikrokapseln im einzelnen aufgebaut und herstellbar sind, ist beispielsweise aus 1992 "IEEE", Seiten 473 bis 480 und 487 bis 491 an sich bekannt. Ein solcher Film garantiert die laterale Isolation der Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 und kann die Funktion eines Abstandshalters übernehmen. In Anpassung an die zu verbindenden Flächen können Formteile hergestellt werden. Der Kleber 24 kann dann ggf. entfallen.

Es sei noch einmal erwähnt, daß die vorstehend beschriebene Ausgestaltung in Fig. 4 nicht eigens dargestellt ist. Auch sind bei nicht vorhandenem Kleber 24 Lötverbindungen zwischen im oben genannten Sinne unwirksamen Pads 11, 21 und Mikrokapseln 23-1, 23-2 in Fig. 4 nicht eigens dargestellt. In Fig. 4 könnten jedoch beispielsweise die beiden in der Zeichenebene rechtsseitigen Pads 11, 21 als "unwirksame" und die beiden linksseitigen Pads 11, 21 als "wirksame" Pads angesehen werden.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 Verwendung finden, die mindestens teilweise aus einem Lotmetall bestehen.

Gemäß einer Variante dieser Ausführungsform bestehen die elektrisch leitenden Körner 22-1, 23-1 vollständig aus Lotmetall, wobei als Lotmetall ein Metall aus der Gruppe Zinn, Indium, Gallium oder eine Weichlotlegierung verwendbar ist. Als

10.08.99

14

10

Material für die Pads 11, 21 vom elektronischen Schaltungssystem 10 und Substrat 20 wird dann ein lötbare Metall verwendet, das ein Metall aus der Gruppe Kupfer, Nickel, Silber, Gold sein kann. Dabei können die Lotschichten 25, 27 auf den Pads 11, 21 entfallen.

Die elektrisch leitenden Körner 22-1, 23-1 der Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 sind auch bei dieser Ausführungsform von einem Dielektrikum 22-2, 23-2 in Form einer Isolierlackschicht umgeben. Neben ihrer oben erläuterten Isolationswirkung in lateraler Richtung verhindert diese Isolierlackschicht zusätzlich bei Erwärmung während des Lötprozesses ein Zusammenfließen insbesondere von elektrisch leitenden Körnern 22-1 in den lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 von elektronischen Schaltungssystem 10 und Substrat 20 und damit Kurzschlüsse in lateraler Richtung.

Da das Lotmaterial der elektrisch leitenden Körner 23-1, 23-2 der Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 beim Lötprozeß flüssig wird und daher die Isolierlackschicht leichter bricht, ist für deren Aufbrechen zwischen einander zugekehrten Pads 11, 21 kein so hoher Druck wie bei der oben erläuterten ersten Ausführungsform von Mikrokapseln erforderlich. Beim Kontakt des Lotmaterials mit dem Material der Pads 11, 21 entsteht die Lötverbindung und somit ein elektrischer und mechanischer Kontakt.

Da die Mikrokapseln 22-1, 22-2 in den lateralen Zwischenräumen zwischen Pads nicht gequetscht werden, bleiben ihre Isolierlackschichten 22-2 intakt. Diese Mikrokapseln werden bei Verwendung eines Klebers 24 durch diesen oder bei Einbettung in eine Polymerfolie im oben erläuterten Sinne durch diese zusammengehalten und können nicht ausfließen.

Auch bei dieser Ausführungsform ist daher das oben erläuterte Diffusionslötverfahren besonders vorteilhaft. Dabei können die elektrisch leitenden Körner 22-1, 23-1 der Mikrokapseln

30.08.99

15

11

22-1, 22-2, 23-1, 23-2 beispielsweise aus Zinn und die Pads 11, 21 von elektronischem Schaltungssystem 10 und Substrat 20 aus Kupfer oder Nickel bestehen. Besitzen die elektrisch leitenden Körner der Mikrokapseln einen Durchmesser von kleiner als 10 μm , so wird beim Kontakt des Lotmetalls und des Pad-Metalls das Zinn vollständig in die intermetallische Phase 26, 28 umgewandelt. Es entsteht wiederum eine elektrisch-mechanische Verbindung mit gegenüber dem des Lotmetalls wesentlich höherem Schmelzpunkt und daher ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften wie hohe Zugfestigkeit und Kriechfreiheit.

Elektrisch leitende Körner mit kleinem Durchmesser in der Größenordnung von 10 μm und vorzugsweise kleiner als 10 μm sind aus mehreren Gründen vorteilhaft.

Erstens dauert beim Diffusionslöten der Prozeß der chemischen Umwandlung um so länger, je dicker die elektrisch leitenden Körner sind. Beispielsweise bei einem Durchmesser von 40 μm dauert die Reaktion über eine halbe Stunde. Bei Durchmessern von kleiner als 10 μm liegt die Reaktionszeit in der Größenordnung von Minuten.

Zweitens müssen die Pads 11, 21 ausreichend dick sein, um genügend Metall für die Umwandlungsreaktion liefern zu können. Bei elektrisch leitenden Körnern mit den bevorzugten Durchmessern steht vergleichsweise wenig Lotmetall zur Verfügung, so daß für eine vollständige Umwandlung auch entsprechend wenig Pad-Metall verfügbar zu sein braucht.

Drittens sind geringe Durchmesser der elektrisch leitenden Körnern im Interesse fein strukturierter Kontakte, was besonders für integrierte Halbleiterschaltkreise mit großem Integrationsgrad von Vorteil ist.

Viertens bestimmt der Durchmesser der elektrisch leitenden Körner die Dicke der Lötfläche. Dünne Lötflächen haben ein besse-

10.06.99

16

12

res Bruchverhalten. Bei einer Dicke von kleiner als 5 μm verhält sich die Fuge bei Biegung elastisch, während sie bei Dicken von größer als 10 μm spröde wird, so daß es leicht zu Spannungsrissen kommen kann.

5

In Abwandlung der vorstehend beschriebenen Ausführungsform können die elektrisch leitenden Körner 22-1, 22-2 der Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 nicht vollständig aus Lotmetall sondern aus einem mit Lotmetall überzogenen Metallkern bestehen. Es kann sich dabei beispielsweise um einen mit einer Zinnlotschicht überzogenen Kupferkern handeln. Wird die Zinnlotschicht in einem Zinn-Austauschbad stromlos abgeschieden, so wird die oberste Schicht des Kupferkerns durch eine entsprechend dünne Zinnschicht ersetzt. Eine typische Dicke der Zinnschicht liegt in der Größenordnung von 200 nm.

15

Die Verwendung von elektrisch leitenden Körnern dieser Art auch zur Verwendung beim mechanischen und elektrischen Verbinden von Objekten ist beispielsweise aus 1996 "Electronic Components and Technology Conference", Seiten 565-570 an sich bekannt. Es wird dort ein elektrisch leitendes Klebermaterial beschrieben, das aus einem mit einem Metall niedrigen Schmelzpunktes (Lotmetall) überzogenen leitenden Füllerpulver, einem termoplastischen Polymer-Kunststoff und weiteren geringfügigen organischen Zusätzen besteht. Dabei sind Füllerkörner mit dem Metall niedrigen Schmelzpunktes beschichtet, das bei der Herstellung einer Verbindung zwischen Objekten zur Realisierung einer metallurgischen Verbindung zwischen benachbarten Füllerkörnern sowie zwischen Füllerkörnern und metallischen Anschlußelementen auf den zu verbindenden Objekten geschmolzen wird. Eine solche Verbindung entspricht der Anordnung nach Fig. 1. Auch dabei ergeben sich die oben erläuterten Probleme sowohl hinsichtlich des durch den Polymer-Kunststoff gebildeten Klebers als auch des Füllgrades der elektrisch leitenden Körner.

30

35

20.05.99

17

13

Ebenso wie bei den beiden oben erläuterten Ausführungsformen werden solche elektrisch leitenden Körner 22-1, 22-2 mit einem Dielektrikum 22-2, 23-2 in Form einer Isolierlackschicht überzogen. Es sei erwähnt, daß in den Figuren 2 bis 4, nicht eigens dargestellt ist, daß die elektrisch leitenden Körner ihrerseits zweiteilig ausgebildet sein können.

Ein Vorteil von elektrisch leitenden Körnern 22-1, 23-1 in Form von mit Lotmetall überzogenen Metallkernen ist darin zu sehen, daß der Lötprozeß, wiederum vorzugsweise in Form des Diffusionslötprozesses, wegen der überall sehr dünnen Lotschicht sehr schnell und exakt abläuft. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß auch bei nicht mit Pads 11, 21 in Kontakt tretenden Mikrokapseln 22-1, 22-2 in den lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 das Lot mit dem Kernmetall reagiert und in eine intermetallische Phase umgewandelt wird. Auch solche Mikrokapseln sind daher über die Schmelztemperatur des Lotes hinaus temperaturfest, weil sie nicht mehr flüssig werden können.

Darüber hinaus kann wegen der geringen Dicke der Lotschichten der elektrisch leitenden Körner und der damit relativ geringen Lotmetallmenge die Dicke der Pads 11, 21 reduziert werden, weil für eine vollständige Umwandlung der Lotmenge eine entsprechend geringe Pad-Materialmenge erforderlich ist. Ein weiterer Grund für Lotschichten geringer Dicke ist darin zu sehen, daß Pads nicht mehr erhaben sein müssen, weil das Lot der elektrisch leitenden Körner auch bei aufbrechender Isolierlackschicht nicht mehr "auslaufen" kann, da das Lot wegen der geringen Schichtdicke bei guter Benetzung der Metallkernoberfläche an dieser haften bleibt.

Aus den genannten Gründen kann sich bei allen Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 sowohl in lateralen Zwischenräumen zwischen Pads 11, 21 als auch zwischen einander zugekehrten Pads bei Betriebstemperaturen der Anordnung kein zu Kurzschlüssen führendes flüssiges Lot mehr bilden.

10.05.99

18

Ein elektrisch-mechanischer Kontakt mit den Pads 11, 21 ergibt sich aufgrund der Reaktion des Lotes der elektrisch leitenden Körner 23-1, 23-2 mit dem Metall der Pads 11, 21.

5

Ein weiterer Vorteil insbesondere bei den Ausführungsformen mit elektrisch leitenden Körnern 22-1, 23-1 aus von Lotmetall verschiedenem Metall und Lotschichten 25, 27 auf den Pads 11, 21 sowie elektrisch leitenden Körnern aus mit einer Lot-
10 schicht überzogenen Metallkernen ist darin zu sehen, daß sich besonders dünne und gut kontrollierbare Lötsschichten, beim Diffusionslötverfahren in Form von intermetallischen Phasen 26, 28, herstellen lassen.

15

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen können die Mikrokapseln 22-1, 22-2, 23-1, 23-2 abgesehen von der Variante mit einer Einbettung in eine Polymerfolie mit einer isolierenden Flüssigkeit, bei der es sich um den erwähnten Kleber 24 oder ein Flußmittel handeln kann, zu einer Paste verarbeitet werden. Im Falle des Klebers lassen sich die Vorteile einer Klebeverbindung und einer Lötverbindung miteinander kombinieren. Diese Klebeverbindung gewährleistet eine zusätzliche mechanische Stabilität und die Lötverbindung eine sichere elektrische Verbindung.

20

25

Zusammenfassend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß sich erfindungsgemäß eine kriechfeste Verbindung erreichen läßt, weil bei dem bevorzugten Diffusionslöten das Lotmaterial als dünne Schicht auf den Mikrokapseln oder den Anschlußelementen
30 auf dem elektronischen Schaltungssystem und dem Substrat vollständig in die intermetallische Phase übergeht, also keine Lotmaterialreste verbleiben. Die dünnen Lotmaterialschichten gewährleisten darüber hinaus einen vergleichsweise schnellen Lötprozeßablauf.

35

30.05.99

19

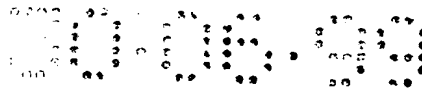
15

Weiterhin ist wegen des möglichen hohen Füllgrades der Mikrokapseln auch bei kleinen Anschlußelementstrukturen eine sichere elektrische Verbindung bei guter Wärmeleitung sowie - wegen der mechanischen Lötverbindung über die verlöteten

5 Mikrokapseln - im Vergleich zu einer reinen Klebeverbindung eine wesentlich sicherere mechanische Verbindung gewährleistet.

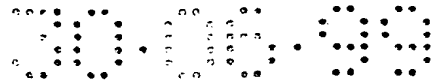
Schließlich ist auch eine hohe Temperaturfestigkeit der mechanisch-elektrischen Verbindung gewährleistet, weil der Verbindungsvorgang insgesamt so gestaltet werden kann, daß keine

10 Rückstände, wie etwa Isolationen aus Metalloxiden, Glas oder Keramik oder Bindemittel in der Verbindung verbleiben.



Patentansprüche

1. Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen elektronischen
Schaltungssystemen (10) und Substraten (20), bei der ein
5 elektronisches Schaltungssystem (10) und ein Substrat (20)
mechanisch fest miteinander verbunden sind, elektrische An-
schlüsselemente (11, 21) auf dem elektronischen Schaltungssy-
stem (10) und dem Substrat (20) über Mikrokapseln (23-1, 23-
2) in elektrisch leitender Verbindung stehen und bei der die
10 Mikrokapseln (23-1, 23-2) durch mit einem Dielektrikum (23-2)
beschichtete mindestens teilweise elektrisch leitende Körner
(23-1) gebildet sind, wobei das Dielektrikum (23-2) der Mi-
krokapseln (23-1, 23-2) durch mechanischen Druck zur minde-
stens teilweisen Freilegung der elektrisch leitenden Körner
15 (23-1) aufgebrochen ist, g e k e n n z e i c h n e t
d u r c h eine elektrisch leitende Lötverbindung (25 bis 28)
zwischen den Mikrokapseln (23-1, 23-2) und den elektrisch
leitenden Anschlüsselementen (11, 21) von elektronischem
Schaltungssystem (10) und Substrat (20).
20
2. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die mecha-
nisch feste Verbindung zwischen elektronischem Schaltungssy-
stem (10) und Substrat (20) mittels eines Klebers (24) vorge-
25 nommen ist.
3. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 1 und 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Kleber
(24) ein Polymer Verwendung findet.
30
4. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche
1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die
Mikrokapseln (23-1, 23-2) in den Kleber (24) eingebettet
sind.
35
5. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 1,



17

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die mecha-
nisch feste Verbindung zwischen elektronischem Schaltungssy-
stem (10) und Substrat (20) durch eine Lötverbindung zwischen
für die bestimmungsgemäße elektronische Funktionsweise von
5 elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) un-
wirksamen Anschlußelementen (11, 21) gebildet ist.

6. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche
1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als
10 Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Dielektrikum (23-2) über-
zogene elektrisch leitende Metallkörner (23-1) aus der Me-
tallgruppe Kupfer, Nickel, Silber, Gold, Verwendung finden.

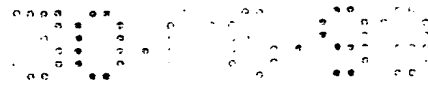
7. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche
15 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als
Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Dielektrikum (23-2) über-
zogene elektrisch leitende Metallkörner (23-1) aus einer löt-
baren Metallegierung Verwendung finden.

20 8. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche
1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als
Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Dielektrikum (23-2) über-
zogene metallisierte isolierende Körner (23-1) Verwendung
finden.

25 9. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als metalli-
sierte isolierende Körner (23-1) versilberte Zinnoxidkörner
Verwendung finden.

30 10. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprü-
che 6 bis 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
als Dielektrikum (23-2) der Mikrokapseln (23-1, 23-2) ein
Isolierlack Verwendung findet.

35 11. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 10,



d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Isolierlack ein Lotflußmittel Verwendung findet.

5 12. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die elektrisch leitende Lötverbindung (25 bis 28) zwischen Anschlußelementen (11, 21) von elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) durch eine Verlötung von auf den Anschlußelementen (11, 21) vorgesehenen Lotschichten (25, 27) 10 unter Ausbildung von intermetallischen Phasen (26, 28) aus Material der elektrisch leitenden Körner (23-1) der Mikrokapselfn (23-1, 23-2) und den Lotschichten (25, 27) gebildet ist.

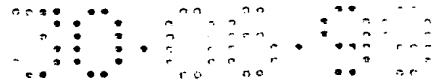
13. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 12, 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Material für die Lotschichten (25, 27) ein Metall aus der Gruppe Zinn, Indium, Gallium Verwendung findet.

14. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 12, 20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Material für die Lotschichten (25, 27), eine niedrigschmelzende Metallegierung Verwendung findet.

15. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 13 oder 25 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Lotschichten (25, 27) selektiv stromlos abgeschiedene Zinschichten sind.

16. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Material für die Anschlußelemente (11, 21) von elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) ein dem metallischen Material der leitenden Körner (23-1) der Mikrokapselfn (23-1, 23-2) angepaßtes metallisches Material Verwendung findet. 35

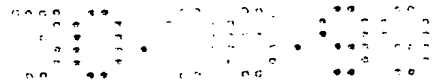
17. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 16,



19

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Material für die Anschlußelemente (11, 21) Kupfer oder Nickel Verwendung findet.

- 5 18. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß eine einlagige in einem Polymerfilm eingebettete Schicht aus Mikrokapseln (23-1, 23-2) gleicher Größe vorgesehen sind.
- 10 19. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß als Mikrokapseln (23-1, 23-2) mit einem Isolierlack (23-2) überzogene elektrisch leitende Metallkörner (23-1) Verwendung
15 finden, die mindestens teilweise aus einem Lotmetall bestehen.
- 20 20. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die elektrisch leitenden Körner (23-1) der Mikrokapseln (23-1, 23-2) vollständig aus Lotmetall bestehen.
- 25 21. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19 oder 20, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für die elektrisch leitenden Körner (23-1) ein Lotmetall aus der Gruppe Zinn, Indium, Gallium Verwendung findet.
- 30 22. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19 oder 20, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für die elektrisch leitenden Körner (23-1) eine Weichlotlegierung Verwendung findet.
- 35 23. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß für die Anschlußelemente (11, 21) von elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) ein lötbare Metall Verwendung findet.



24. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß als lötbare Metall für die Anschlußelemente (11, 21) ein Metall aus der Gruppe Kupfer, Nickel, Silber, Gold Verwendung findet.

5

25. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitenden Körner (23-1) der Mikrokapseln (23-1, 23-2) aus einem mit einem Lotmaterial überzogenen elektrisch leitenden Metallkern gebildet sind.

10

26. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß als Material für den elektrisch leitenden Metallkern Kupfer Verwendung findet.

15

27. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 25 und/oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß als Lotmaterial für den Kernüberzug Zinn Verwendung findet.

20

28. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitenden Körner (23-1) der Mikrokapseln (23-1, 23-2) einen Durchmesser in der Größenordnung von 10 µm, vorzugsweise kleiner als 10 µm, besitzen.

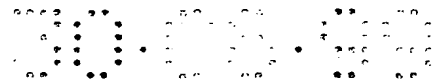
25

29. Elektrisch-mechanische Verbindung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Zinn-Kernüberzug eine Dicke in der Größenordnung von 200 nm besitzt.

30

30. Elektrisch-mechanische Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die auf die Anschlußelemente (11, 21) aufgebrachten Losschichten eine Dicke in der Größenordnung von 10 µm, vorzugsweise kleiner als 10 µm, besitzen.

35



31. Verfahren zur Herstellung einer elektrisch-mechanischen Verbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß nach dem Einbringen von in einem Kleber (24) oder einem Polymerfilm eingebetteten Mikro-
5 kapseln (23-1, 23-2) zwischen elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) diese so stark zusammengepreßt werden, daß das Dielektrikum (23-2) auf zwischen einander zugekehrten Anschlußelementen (11, 21) befindlichen elektrisch leitenden
10 Körnern (23-1) aufgebrochen wird und die Lötverbindung (25 bis 28) zwischen den Mikrokapseln (23-1, 23-2) durch Diffusionslötungen hergestellt wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß auf Anschlußelemente (11, 21) Lotmetallschichten (25, 27) in einer solchen Dicke aufgebracht werden,
15 daß bei einem Diffusionslötprozeß zwischen Metallen der elektrisch leitenden Körner (23-1) bzw. Körnern (23-1) in Form von metallisierten Isolatoren und dem Lotmetall das Lotmetall vollständig zu einer intermetallischen Phase (26, 28) umge-
20 wandelt wird.

33. Verfahren nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß bei Verwendung von Mikrokapseln (23-1, 23-2), deren elektrisch leitende Körner (23-1) vollständig
25 aus Lotmetall bestehen, sowie lotmetallfreien Anschlußelementen (11, 21) auf elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) die Dicke der Anschlußelemente (11, 21) so gewählt ist, daß ausreichend Material für den Umwandlungsprozeß beim Diffusionslötungen zur Verfügung steht.

34. Verfahren nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß bei Verwendung von Mikrokapseln (23-1, 23-2), deren elektrisch leitende Körner (23-1) aus einem mit
30 einem Lotmetall überzogenen elektrisch leitenden Metallkern bestehen, sowie lotmetallfreien Anschlußelementen (11, 21) auf elektronischem Schaltungssystem (10) und Substrat (20) die Dicke der Anschlußelemente (11, 21) und des Lotmetalls so
35

30.05.99

26

22

gewählt ist, daß deren Material beim Diffusionslöten für den Umwandlungsprozeß zwischen Anschlußelementmaterial und Kernmetall mit dem Lotmetall ausreicht.

Zusammenfassung

Elektrisch-mechanische Verbindung zwischen elektronischen
Schaltssystemen und Substraten sowie Verfahren zu deren Her-
5 stellung

Bei einer elektrisch-mechanischen Verbindung zwischen elek-
tronischen Schaltungssystemen (10) und Substraten (20) sind
diese mechanisch fest miteinander verbunden, stehen deren
10 elektrische Anschlüsselemente (11, 21) über Mikrokapseln (23-
1, 23-2), die aus mit einem Dielektrikum (23-2) beschichte-
ten, mindestens teilweise elektrisch leitenden Körnern (23-1)
bestehen, in elektrisch leitender Verbindung und besteht eine
elektrisch leitende Lötverbindung (25 bis 28) zwischen Mikro-
15 kapseln (23-1, 23-2) mit aufgebrochenem Dielektrikum (23-2)
und den elektrischen Anschlüsselementen (11, 21).

Figur 4

30.06.99

4

Fig. 1

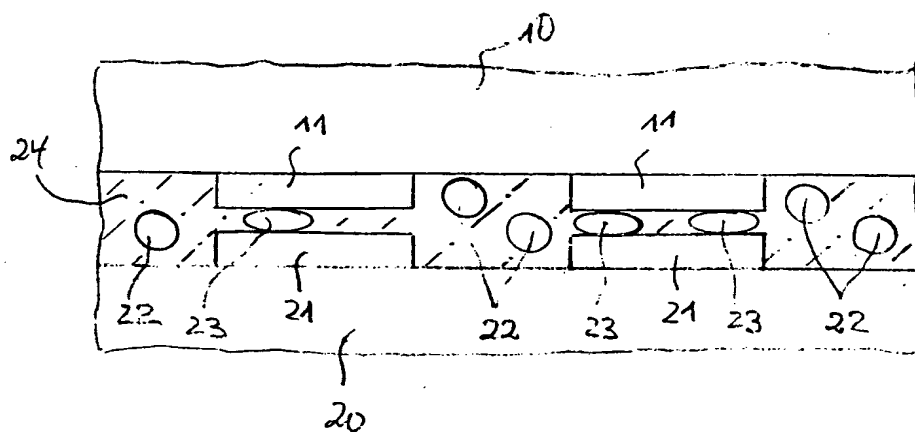


Fig. 2

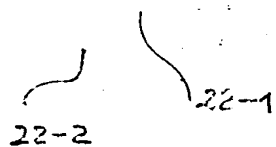


Fig. 3

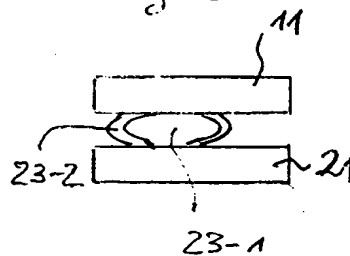
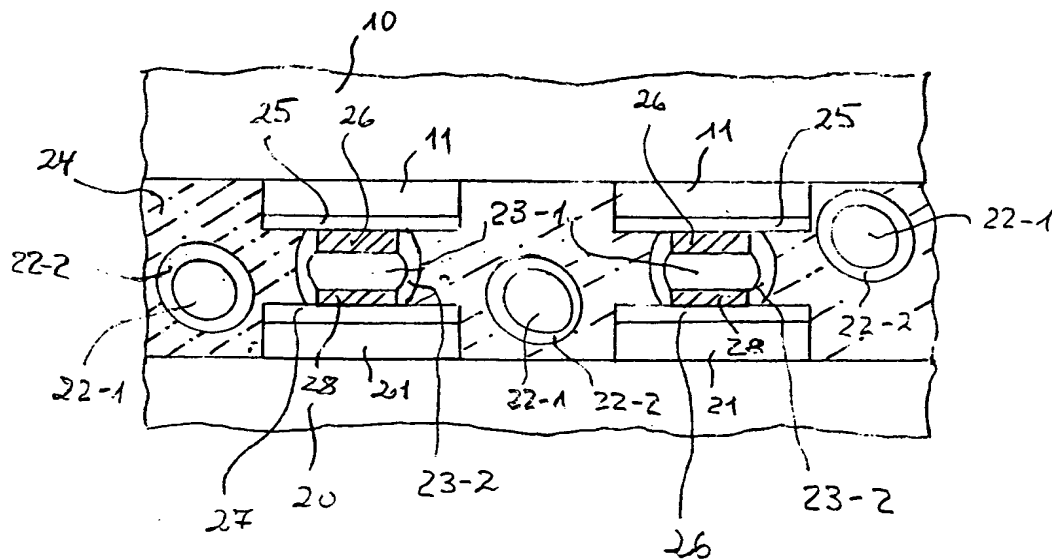


Fig. 4



30.08.99

27

Fig. 1

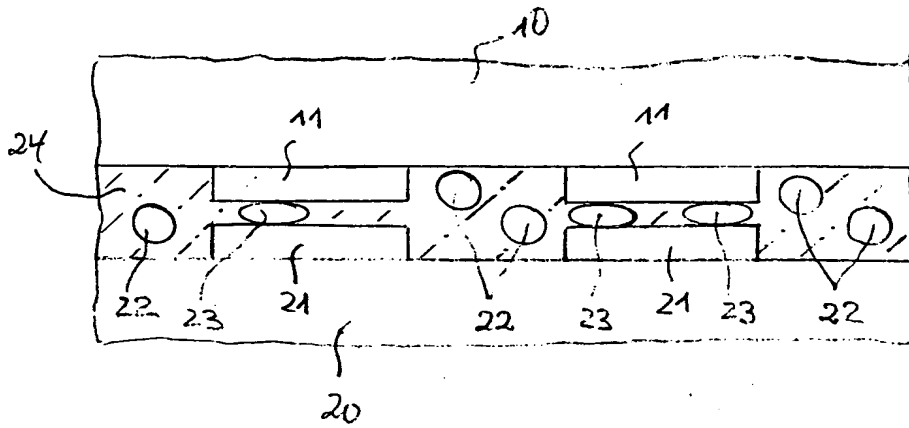


Fig. 2

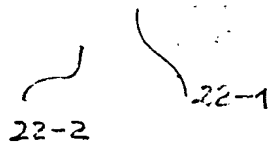


Fig. 3

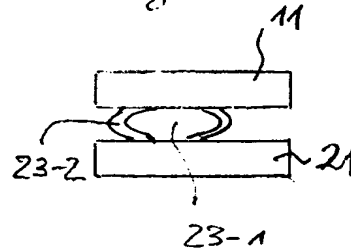


Fig. 4

